



УДК 621.436

ДОВОДКА ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

OPERATIONAL DEVELOPMENT OF PISTON ENGINES BY MATHEMATICAL MODELING OF WORKING PROCESS

Кочев Николай Сергеевич, аспирант каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: kochev91@list.ru, Тел.: +7(912)756-23-34

Плотников Леонид Валерьевич, канд. техн. наук, доцент каф. «Турбины и двигатели», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: leonplot@mail.ru. Тел.: +7(922)291-64-50

Nikolay S. Kochev, Postgraduate student, Department «Heat power engineering and heat engineering», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: kochev91@list.ru. Ph.: +7(912)756-23-34

Leonid V. Plotnikov, Candidate of technical Sc., Associate Prof., Department «Turbines and engines», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: leonplot@mail.ru. Ph.: +7(922)291-64-50

Аннотация: В статье представлены результаты математического моделирования рабочего процесса поршневого двигателя внутреннего сгорания размерности 8,2/7,1. Математическое моделирование выполнялось в программном комплексе Дизель-РК, разработанном в МГТУ имени Н.Э. Баумана. Показано влияние показателей качества газообмена на технико-экономические показатели поршневого двигателя. Установлено, что доводка впускной и выпускной систем оказывает значительное влияние на основные показатели двигателя. За счет изменения конфигурации газозоудных трактов двигателя можно увеличить его мощность вплоть до 11 % при увеличении удельного расхода топлива лишь на 0,5-1,5 %.

Abstract: The results of mathematical modeling of working process of the internal combustion engine (dimension 8,2/7,1) are presented in the paper. Mathematical modeling was performed in the software Diesel-RK developed in MSTU named after N. Uh. Bauman. The influence of quality indicators of gas exchange on technical and economic indicators of the engine are presented in the article. Operational development of the intake and exhaust systems has a significant impact on the basic performance of the engine. Changes to the configuration of the air-gas path of the engine increases power up to 11 % at simultaneous increase of specific fuel consumption of only 0.5 to 1.5 %.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; математическое моделирование; совершенствование рабочего процесса; показатели качества газообмена; системы впуска и выпуска.

Key words: internal combustion engine; mathematical modeling; improvement in the working process; quality indicators of gas exchange; intake and exhaust systems.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что технико-экономические показатели поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) существенно зависят от геометрических размеров основных элементов впускных и выпускных систем, а соответственно, от таких показателей качества газообмена как коэффициент наполнения и коэффициент остаточных газов [1, 2]. Разработка оптимальных конфигураций впускных и выпускных систем ДВС предопределяют получение высоких выходных показателей двигателя. При этом, известно, что доводка газозоудных систем двигателей

является процессом довольно сложным и трудоемким [1, 3]. Однако интенсивное развитие компьютерной техники и расчетных программных продуктов существенно упрощает эту задачу на этапе эскизного проектирования при модернизации двигателя.

В данной статье представлены отдельные результаты математического моделирования рабочего процесса поршневого двигателя размерности 8,2/7,1, выполненного в программном комплексе Дизель-РК (производство МГТУ им. Н. Э. Баумана). Цель работы состояла в повышении эффективной мощности ДВС за счет

доводки конфигураций впускных и выпускных систем двигателя.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Математическое моделирование проводилось на основе программного комплекса ДИЗЕЛЬ-РК, разработанного в МГТУ им. Н. Э. Баумана. В качестве объекта исследования был выбран двигатель автомобиля ВАЗ-ОКА (стандартное обозначение 2Ч 8,2/7,1). При расчетах закладывались следующие основные конструктивные параметры ДВС: бензиновый, четырехтактный двигатель, имеющий 2 цилиндра и рядную компоновку, двухклапанную головку цилиндра, жидкостную систему охлаждения, диаметр цилиндра – 82 мм, ход поршня – 71 мм, степень сжатия – 9,9. Параметры состояния окружающей среды: барометрическое давление $p_0 = 735$ мм. рт. ст. и температура $t_0 = 20$ °С. Фазы газораспределения задавались в соответствии со штатными параметрами двигателя автомобиля ВАЗ-ОКА:

- открытие впускного клапана – 33 град. до ВМТ;
- закрытие впускного клапана – 79 град. после НМТ;
- открытие выпускного клапана – 47 град. до НМТ;
- закрытие выпускного клапана – 17 град. после ВМТ.

Геометрические характеристики (длина и внутренний диаметр) газовоздушных трактов (впускных и выпускных каналов в головке, а также впускных труб и выпускных коллекторов) задавались согласно этих показателей для двигателя автомобиля ВАЗ-ОКА.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Сначала рассмотрим результаты доводки впускной системы и, соответственно, ее влияние на технико-экономические показатели двигателя. Установлено, что изменение геометрических размеров (диаметра и длины) впускного коллектора и канала в головке цилиндра приводят к увеличению коэффициента наполнения η_v в диапазоне от 2,5 до 10,5 % в сравнении с исходным двигателем. Это свидетельствует о том, что улучшается наполнение цилиндра свежим зарядом, создаются более благоприятные условия для смесеобразования и сгорания топлива. В результате, в нашем случае, такое увеличение коэффициента η_v привело к увеличению эффективной мощности поршневого ДВС на величину 2,5-11,0 % в зависимости от режима его работы (рис. 1).

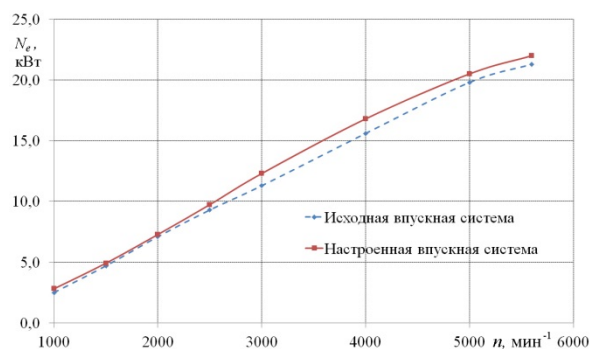


Рис. 1. Зависимость эффективной мощности двигателя N_e от частоты вращения коленчатого вала n после доводки конфигурации впускной системы

Следует отметить, что удельный эффективный расход топлива при этом фактически не изменился (рис. 2).

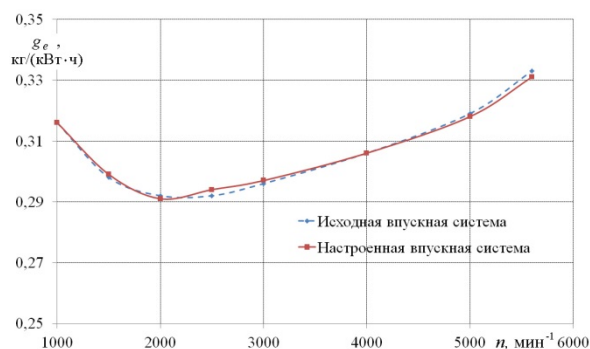


Рис. 2. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e от частоты вращения коленчатого вала n после настройки впускной системы двигателя

Далее проводилась модернизация геометрических параметров выпускной системы с целью снижения коэффициента остаточных газов γ . В результате были определены оптимальные диаметры и длины основных элементов выпускной системы, при которых коэффициент γ снизился в диапазоне от 0,5 до 11,0 %. Однако, следует подчеркнуть, что это не оказало существенного влияния на эффективную мощность двигателя (рис. 3).

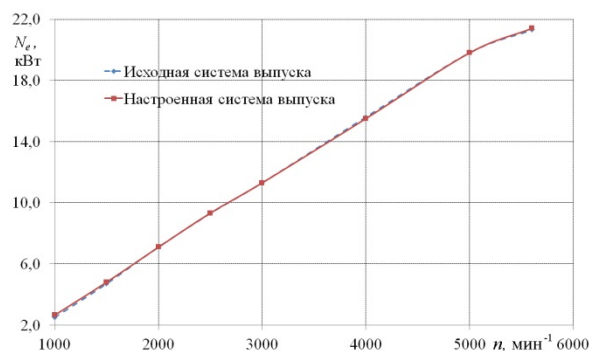


Рис. 3. Зависимость эффективной мощности двигателя N_e от частоты вращения коленчатого вала n после модернизации выпускной системы

Из рис. 3 видно, что увеличение мощности двигателя при доводке выпускной системы составило не более 5,5 %, а на большинстве режимов увеличение мощности не превысило и 2,0 %. При этом, удельный эффективный расход топлива увеличился в среднем на 0,5 % (рис. 4).

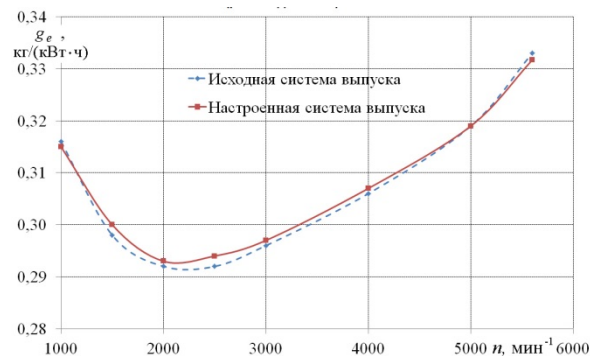


Рис. 4. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e от частоты вращения коленчатого вала n после совершенствования выпускной системы двигателя

Таким образом, можно сделать вывод, что совершенствование впускной системы является более эффективным способ повышения технико-экономических показателей поршневых двигателей.

На заключительном этапе исследований оценивалось влияние от одновременного совершенствования конфигураций впускной и выпускной систем на основные показатели поршневых двигателей.

На рис. 5 показана зависимость эффективной мощности N_e от частоты вращения коленчатого вала n после модернизации газозвдушных систем двигателя.

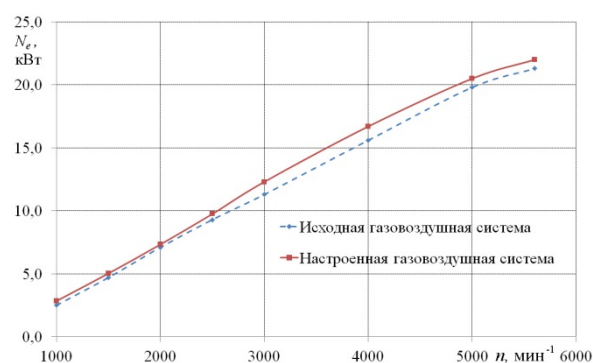


Рис. 5. Зависимость эффективной мощности N_e от частоты вращения коленчатого вала n после модернизации газозвдушных систем двигателя

Из рисунка видно, что увеличение мощности составляет от 3,0 до 12,0 % в зависимости от режима работы двигателя. При этом наиболее существенный прирост наблюдается при высоких значениях частот коленчатого вала.

По рис. 6 можно проследить изменение удельного эффективного расхода топлива в двигателе с

модернизированными газозвдушными системами.

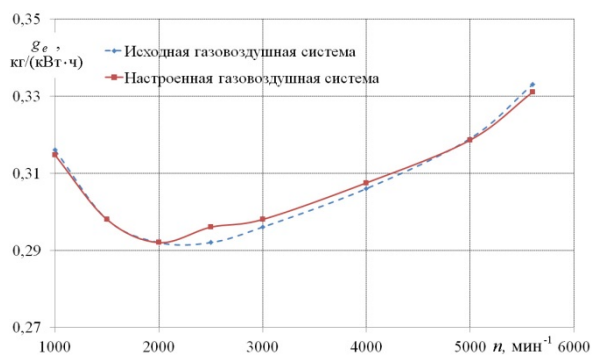


Рис. 6. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e от частоты вращения коленчатого вала n после модернизации газозвдушных систем двигателя

Из рис. 6 видно, что расход топлива увеличился в среднем на 0,5-0,6 %.

Таким образом, можно отметить, что совместная доводка впускной и выпускной систем приводит к наиболее эффективным показателям двигателя.

ВЫВОДЫ

На основе проведенного исследования, можно сделать следующие основные выводы:

1. Оптимизация конструкции впускных и выпускных систем поршневых двигателей является действенным способом улучшения технико-экономических показателей ДВС.
2. За счет доводки газозвдушных систем можно добиться увеличения мощности поршневых двигателей вплоть до 11 % при неизменном расходе топлива.
3. Для практического использования результатов численного моделирования процессов газообмена ДВС необходимы базовые знания в области теории рабочих процессов и конструирования двигателей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант мол_а, договор № 16-38-00004\16).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Драганов Б.Х., Круглов М.Г., Обухова В.С. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1987. 175 с.
2. Вихерт М.М., Грудский Ю.Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей. М.: Машиностроение, 1982. 151 с.
3. Совершенствование процессов в газозвдушных трактах поршневых двигателей внутреннего сгорания: монография / Под общ. ред. Ю. М. Бродова. Екатеринбург: Изд-во УрФУ, 2015. 228 с.